Journal of Water and Soil
Vol. 34, No. 6, Jan.-Feb. 2021, p. 1299-1307

نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۴، شماره ۶، بهمن – اسفند ۱۳۹۹، ص. ۱۳۰۷-۱۲۹۹

مقاله پژوهشی

بررسی وضعیت تغذیه‌ای سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum* L.) در استان خراسان رضوی با روش "انحراف از درصد بهینه"

مسعود دادیور[1]*- بصیر عطاردی[2]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۶/۲۵
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۹/۲۴

چکیده

یکی از روش‌های ساده و عملی، به منظور تفسیر نتایج حاصل از تجزیه برگی، روش انحراف از درصد بهینه (DOP) می‌باشد که با استفاده از آن، ترتیب نیاز عناصر غذایی و اطلاعاتی در خصوص تعادل یا عدم تعادل تغذیه‌ای گیاه به دست می‌آید. در پژوهش حاضر، به منظور بررسی وضعیت تغذیه-ای سیب‌زمینی در استان خراسان رضوی، نمونه‌های برگ از ۳۰ مزرعه جمع‌آوری و غلظت عناصر پرمصرف و کم‌مصرف در آنها اندازه‌گیری شد. با استفاده از غلظت عناصر غذایی در برگ مزارع با عملکرد نسبی بالا (۱۶ مزرعه)، غلظت مرجع (C_{ref}) برای عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم به ترتیب ۴/۶۵، ۰/۳۲ و ۴/۲۸ درصد و برای عناصر آهن، منگنز، روی و مس به ترتیب ۱۹۰/۱۳، ۱۲۳/۸۸، ۳۵/۱۹ و ۱۲/۴۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم به دست آمد. با استفاده از این غلظت‌ها، شاخص DOP برای مزارع با عملکرد کم محاسبه شد. همچنین ترتیب نیاز عناصر غذایی (NOPR) و وضعیت تعادل عناصر در این مزارع بررسی شد. بر اساس شاخص‌های DOP، تمامی مزارع با عملکرد کم (۱۴ مزرعه)، دچار کم‌بود یا بیش‌بود عناصر غذائی بودند و عدم تعادل تغذیه‌ای در تمامی آنها وجود داشت. در بین عناصر پرمصرف، پتاسیم در ۳۶ درصد مزارع دارای شاخص منفی، در حالی که نیتروژن در ۸۰ درصد از مزارع دارای شاخص مثبت بود. در بین عناصر کم‌مصرف، عنصر روی در ۹۳ درصد مزارع دارای شاخص منفی، و در ۵۷ درصد از مزارع بیشترین کمبود را نشان داد. پس از روی، آهن در ۳۵ درصد از مزارع، بیشترین میزان کم‌بود را نشان داد. در مجموع، می‌توان گفت در مزارع سیب‌زمینی استان خراسان رضوی، پتاسیم و روی بایستی در اولویت برنامه‌های کوددهی قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: عناصر غذائی، غلظت، کود، DOP

مقدمه

سیب زمینی یکی ازمهم‌ترین محصولات زراعی و از منابع عمده غذایی انسان می‌باشد به طوری‌که از نظر اهمیت غذایی، بعد از گندم، برنج و ذرت مقام چهارم را دارا می‌باشد (۸). در کشور ما، سیب‌زمینی با تولید ۴/۵ میلیون تن در سال بعد از گندم، نیشکر، گوجه‌فرنگی و یونجه بیشترین میزان تولید را به خود اختصاص داده است (۱۵). برای دست‌یابی به عملکرد کمی وکیفی مطلوب سیب‌زمینی، وجود مقدار کافی و متعادلی از عناصر غذایی در خاک زراعی ضروری می‌باشد (۵). به عبارت دیگر، تغذیه بهینه گیاه، شرط اصلی بهبود کمّی و کیفی محصول می‌باشد که در این راستا، مصرف بهینه کود و رعایت تعادل و تناسب بین عناصر غذایی اهمیت زیادی داشته که لازمه دست‌یابی به آن، ارزیابی صحیح تعیین نیاز گیاه می‌باشد.

روش‌های مختلفی از جمله بررسی علایم کم‌بود، آزمون خاک و تجزیه برگ می‌تواند برای تعیین نیاز گیاه به عناصر غذایی مورد استفاده قرار گیرد. با توجه به اینکه برگ اصلی‌ترین و مهم‌ترین محل متابولیسم گیاه می‌باشد تجزیه برگ و تفسیر نتایج آن بر اساس روش‌های استاندارد، می‌تواند اطلاعات خوبی از وضعیت تغذیه گیاه فراهم آورده و برای توصیه کودی مناسب مورد استفاده قرار گیرد (۶).

برای تفسیر نتایج تجزیه شیمیایی برگ گیاهان روش‌های مختلفی وجود دارد . روش‌های غلظت بحرانی و دامنه کفایت عناصر غذایی، علی‌رغم اینکه برای سال‌های تقریبا طولانی مورد استفاده قرار گرفته‌اند ولی دارای معایب و اشکالاتی نیز می‌باشند (۱۶)، از جمله

۱- مربی بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: dadivarm@yahoo.com)
۲- استادیار بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان جنوبی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، بیرجند، ایران

DOI: 10.22067/jsw.2020.15032.0

اینکه اعداد و ارقامی که در این روش‌ها بدست می‌آیند حاصل آزمایش‌های تک فاکتوری و غالباً تحت شرایط کنترل شده و آزمایشگاهی یا گلخانه‌ای می‌باشند. همچنین در این روش‌ها تنها غلظت تک تک عناصر مد نظر قرار می‌گیرد و تعادل عناصر غذایی لحاظ نمی‌گردد (۴)، این در حالی است که رشد گیاه علاوه بر غلظت یک عنصر، به تعادل غلظتی آن عنصر با سایر عناصر غذایی نیز وابسته است. از این‌رو با عنایت به مشکلات و ایرادهای این روش‌ها، روش‌هایی نظیر روش انحراف از درصد بهینه (DOP[1]) مورد توجه قرار گرفته است. در روش انحراف از درصد بهینه به جای استفاده از غلظت مطلق عناصر غذایی از روابط میان غلظت عنصر و غلظت مرجع (C_{ref}[2]) آن استفاده می‌شود (۶). در حال حاضر، روش DOP به عنوان یکی از به‌روزترین روش‌های تفسیر نتایج تجزیه برگی به کار می‌رود که با استفاده از آن، اولویت یا ترتیب نیاز عناصر غذایی گیاه[3] (NOPR) مشخص شده و می‌توان برنامه‌ریزی‌های لازم در جهت استفاده صحیح و بهینه از منابع خاک و کود را انجام داد.

روش DOP برای تعیین حد بهینه عناصر غذایی برای برخی محصولات کشاورزی مورد استفاده قرارگرفته است (۴ و ۶). فیضی‌زاده و صمدی (۴) در بررسی وضعیت تغذیه‌ای پیاز در ۵۰ مزرعه در استان آذربایجان غربی با استفاده از روش DOP، گزارش کردند که در بین عناصر پرمصرف، کلسیم در ۷۲ درصد و پتاسیم در ۴۷ درصد مزارع و در بین عناصر کم مصرف، مس در ۴۷ درصد مزارع دارای منفی‌ترین شاخص بود. این محققین، ترتیب نیاز غذایی برای عناصر پرمصرف را به صورت Ca>K>P>Mg>N و برای عناصر کم‌مصرف به صورت Cu>Mn>B>Fe>Zn گزارش کردند (۴).

زارع مهرجردی و همکاران (۲۳) غلظت مرجع عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم خیار گلخانه‌ای را در استان یزد به ترتیب ۵/۳، ۰/۵۶ و ۳/۴۶ درصد و برای عناصر آهن، مس، روی و منگنز به ترتیب ۸۰/۹، ۱۳/۵۹، ۷۴/۴۵ و ۷۱/۸۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم محاسبه و گزارش کردند که بیش از ۶۰ درصد گلخانه‌های مورد بررسی از نظر عناصر نیتروژن ، فسفر و پتاسیم کمبود دارند.

با عنایت به اینکه اطلاعات کافی در خصوص حد بهینه عناصر غذایی و وضعیت تغذیه‌ای سیب‌زمینی در استان خراسان رضوی منتشر نشده، پژوهش حاضر با هدف بررسی وضعیت تعادل عناصر غذایی، تشخیص کمبود و تعیین ترتیب نیاز عناصر غذایی در این محصول، با استفاده از شاخص DOP انجام شد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد بررسی در این پژوهش، مزارع عمده سیب‌زمینی استان خراسان رضوی بود که در محدوده ۵۶ درجه و ۱۹ دقیقه تا ۶۱ درجه و ۱۶ دقیقه طول شرقی و ۳۳ درجه و ۵۲ دقیقه تا ۳۷ درجه و ۴۲ دقیقه عرض جغرافیایی شمالی واقع شده است. در پژوهش حاضر، ۳۰ مزرعه سیب‌زمینی از مناطق عمده کشت این محصول در شهرستان‌های فریمان، تربت‌حیدریه و قوچان به منظور ایجاد بانک اطلاعاتی انتخاب شد. در انتخاب این مزارع، سعی شد که مزارعی با دامنه عملکرد متفاوت (عملکرد کم، متوسط تا زیاد) پوشش داده شوند. بر اساس پرسش‌نامه‌هایی که توسط کشاورزان تکمیل شده بود میانگین عملکرد در مزارع مورد مطالعه، ۳۶ تن در هکتار بود که این میزان به عنوان مرز تفکیک مزارع به دو گروه عملکردی در نظر گرفته شد. از این مزارع، مزارع با مدیریت مناسب و عملکرد زیاد (بیشتر از میانگین) جهت تعیین غلظت مرجع انتخاب شدند. بر این اساس، از ۳۰ مزرعه مورد بررسی، ۱۶ مزرعه به عنوان مزرعه مرجع[4] و ۱۴ مزرعه به عنوان غیرمرجع[5] انتخاب شدند. سپس، در هر مزرعه در مراحل اولیه گلدهی– زمانی که حدود ۲۰ درصد گلدهی مزرعه کامل شده بود- یک نمونه مرکب برگ (شامل ۳۰ برگ، از برگ‌های کاملاً توسعه یافته) (۱۴) تهیه و به آزمایشگاه منتقل شد. به منظور آلودگی‌زدایی، نمونه‌های برگ ابتدا با آب مقطر، سپس با محلول ۲۰ میلی‌مولار EDTA و مجدداً با آب مقطر شستشو داده شد. پس از خشک شدن رطوبت، نمونه‌ها به پاکت‌های کاغذی منتقل و در آون تهویه‌دار در دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد به مدت یک هفته نگهداری تا کاملاً خشک شدند. نمونه‌ها کاملاً آسیاب و پس از عبور از الک ۱۸ مش[6]، از روش هضم خشک[7] برای تهیه عصاره استفاده شد. غلظت نیتروژن (روش کجلدال)، فسفر (روش رنگ‌سنجی)، پتاسیم (روش نورسنجی شعله‌ای)، و آهن، منگنز، روی و مس با استفاده از دستگاه جذب اتمی (مدل Perkin Elmer, 2380) اندازه‌گیری شد (۲).

با استفاده از نتایج تجزیه برگ، برخی پارامترهای آماری، شامل کمترین، بیشترین، میانگین، انحراف معیار و ضریب تغییرات داده‌ها در هر دو گروه مزارع مرجع و غیرمرجع، محاسبه گردید. همچنین، برای تعیین شاخص DOP – که بصورت درصد انحراف غلظت یک عنصر غذایی (بر اساس درصد ماده خشک) در مقایسه با مقدار مرجع تعریف می‌شود– از معادله ذیل استفاده شد (۶ و ۲۱).

1- Deviation from optimum percentage
2 - Reference concentration
3- Nutrients order of plant requirement

4- Reference farms
5- Non-reference farms
6- Mesh
7- Dry ashing

$$DOP = \frac{(C\times 100)}{C_{ref}} - 100$$

در این فرمول، C: غلظت عنصر غذایی مورد مطالعه در یک مزرعه خاص و C_{ref} میانگین غلظت آن عنصر در مزارع مرجع می باشد.

مقدار قدر مطلق شاخص DOP، شدت خروج از وضعیت تعادل تغذیه‌ای گیاه را نشان می‌دهد به طوری که شاخص DOP منفی، بیانگر محدودیت و یا کم‌بود عنصر غذایی، شاخص DOP مثبت، نشان دهنده زیاد بودن عنصر غذایی و شاخص DOP صفر، بیانگر وضعیت تعادل عنصر غذایی مورد بررسی، نسبت به غلظت مرجع آن عنصر می‌باشد. در مرحله بعد، بر اساس مقدار عددی شاخص DOP عناصر مختلف، می‌توان در خصوص اولویت یا ترتیب نیاز گیاه به هر عنصر اظهار نظر نمود.

نتایج و بحث

تجزیه عناصر غذائی برگ

خلاصه تجزیه عناصر موجود در برگ مزارع مرجع و غیرمرجع، شامل کمترین، بیشترین، میانگین، انحراف معیار و ضریب تغییرات داده‌ها در جدول ۱ نشان داده شده است. این داده‌ها نشان می‌دهند ضریب تغییرات عناصر ریزمغذی در مقایسه با عناصر پرمصرف بیشتر می‌باشد.

داده‌های جدول ۱ همچنین نشان می‌دهند میانگین غلظت تمامی عناصر مورد بررسی به جز روی، در مزارع غیرمرجع از مزارع مرجع بیشتر است. چنین داده‌هائی تائید می‌نماید که مصرف کود بیشتر (یا غلظت بیشتر یک عنصر در گیاه) لزوماً به تولید (عملکرد) بیشتر منجر نمی‌شود.

بر اساس جدول ۲، غلظت مرجع عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم به ترتیب ۴/۶۵، ۰/۳۲ و ۴/۲۸ درصد و برای عناصر آهن، منگنز، روی و مس به ترتیب ۱۹۰/۱۳، ۱۲۳/۸۸، ۳۵/۱۹ و ۱۲/۴۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم به دست آمد.

حد بحرانی عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم در برگ سیب‌زمینی به ترتیب ۴/۴، ۰/۲۵ و ۳/۹ درصد گزارش شده است (۱۸). گرچه حد بحرانی یک عنصر به عوامل متعددی بستگی دارد، با این وجود بیش تر بودن غلظت‌های مرجع حاصل از این پژوهش، در مقایسه با حدود بحرانی ذکر شده، بیان‌گر آن است که مزارع مرجع به درستی انتخاب شده‌اند. در یکی از جدیدترین پژوهش‌های منتشر شده، میانگین غلظت نیتروژن، فسفر و پتاسیم در برگ‌های سیب‌زمینی که در اواسط دوره گل‌دهی برداشت شده بودند به ترتیب ۴، ۰/۳ و ۴/۷ درصد گزارش شد (۱۷). مطلّبی‌فرد (۱۴) دامنه مطلوب برای عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم را در برگ سیب‌زمینی به ترتیب ۶/۵-۵، ۰/۵۵-۰/۳ و ۶/۵-۴ درصد و برای عناصر آهن، منگنز، روی و مس به ترتیب ۱۵۰-۵۰، ۳۰۰-۵۰، ۵۰-۲۰ و ۲۰-۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم گزارش نمود.

جدول ۱- نتایج آنالیز عناصر غذائی برگ در مزارع مرجع و غیرمرجع

Table 1- Results of leaf nutrient analysis in reference and non-reference fields

	مزارع مرجع Reference fields					مزارع غیرمرجع Non-reference fields				
عنصر Nutrient	کم‌ترین Min.	بیش‌ترین Max.	میانگین Avg.	انحراف معیار SD	ضریب تغییرات ٪ % CV	کم‌ترین Min.	بیش‌ترین Max.	میانگین Avg.	انحراف معیار SD	ضریب تغییرات ٪ % CV
نیتروژن N (%)	3.88	5.70	4.65	0.50	10.84	3.88	5.70	5.08	0.55	10.88
فسفر P (%)	0.25	0.39	0.32	0.04	12.01	0.27	0.67	0.39	0.11	27.29
پتاسیم K (%)	3.21	5.84	4.28	0.70	16.30	3.04	5.84	4.51	0.64	14.14
آهن Fe (mg.kg^{-1})	112.00	375.00	190.13	83.09	43.70	118.00	515.00	281.36	147.29	52.35
منگنز Mn (mg.kg^{-1})	75.00	185.00	123.88	33.83	27.31	88.00	228.00	138.57	36.05	26.01
روی Zn (mg.kg^{-1})	20.00	82.00	35.19	16.01	45.51	14.00	37.00	27.64	5.30	19.17
مس Cu (mg.kg^{-1})	5.00	16.00	12.44	3.37	27.11	7.00	24.00	15.00	5.04	33.62

جدول ۲- مقادیر غلظت مرجع عناصر، در مزارع با عملکرد بالاتر از میانگین

Table 2- Reference concentrations of nutrients in fields with higher than average yields

نیتروژن N (%)	فسفر P (%)	پتاسیم K (%)	آهن Fe (mg.kg^{-1})	منگنز Mn (mg.kg^{-1})	روی Zn (mg.kg^{-1})	مس Cu (mg.kg^{-1})
4.65	0.32	4.28	190.13	123.88	35.19	12.44

تعادل تغذیه‌ای و اولویت نیاز عناصر غذایی

نتایج بدست آمده در جدول ۳ نشان داد که قدر مطلق شاخص DOP برای تمام عناصر کودی، بیشتر از صفر بود. به عبارت دیگر تمامی مزارع دارای عملکرد کم، از نظر غلظت عناصر مورد مطالعه دارای شاخص منفی (دچار کم‌بود) یا دارای شاخص مثبت (دچار بیش‌بود) بودند و عدم تعادل تغذیه‌ای در آنها وجود داشت. با توجه به اینکه وضعیت عناصرغذایی در برگ تابعی از میزان قابل جذب این عناصر در خاک می‌باشد، لذا این داده‌ها عدم مدیریت صحیح و کوددهی نامتعادل در مزارع سیب‌زمینی استان خراسان رضوی را نشان می‌دهد.

بر اساس شاخص‌های انحراف از درصد بهینه، در بین عناصر پرمصرف، پتاسیم در ۳۶ درصد مزارع مورد بررسی دارای شاخص منفی بود (جدول ۳). در مطالعات متعددی گزارش شده است که نیاز پتاسیمی واریته‌های مختلف سیب‌زمینی از نیاز نیتروژنی و فسفاتی این گیاه بیشتر است (۱۹). به طور متوسط برای تولید ۶۳ تن در هکتار سیب‌زمینی حدود ۲۸۵ کیلوگرم نیتروژن، ۱۲۸ کیلوگرم فسفر و ۳۹۵ کیلوگرم پتاسیم لازم می‌باشد (۱۲). علاوه بر این، کارایی جذب عناصر غذائی مختلف از جمله پتاسیم در سیب‌زمینی، به دلیل دارا بودن ریشه‌های کوچک این گیاه، پائین بوده، از اینرو این گیاه به کود پتاسیمی بیشتری نیاز دارد تا نیاز پتاسیمی خود را مرتفع نماید (۹). با این وجود، در کشاورزی کشور ما -در بسیاری از موارد- این تصوّر اشتباه وجود داشته که خاک‌های ایران به دلیل خشک بودن اقلیم و بافت رسی خاک‌ها نیاز چندانی به کود پتاسیمی ندارد. از طرف دیگر، در سال‌های اخیر توزیع کودهای پتاسیمی در کشور محدود گردیده، و به دلیل گرانی، استقبال کشاورزان به استفاده از آن محدود گردیده است (۱۲ و ۲۲). همچنین، به علت انجام کشت‌های متوالی، مصرف بی‌رویه کودهای نیتروژنی از جمله اوره و کودهای فسفاتی و مصرف کم کودهای پتاسیمی، مقدار برداشت پتاسیم از خاک بیشتر از سرعت آزاد سازی این عنصر بوده لذا مجموع این عوامل باعث شده کمبود پتاسیم در بسیاری از مزارع سیب‌زمینی مشاهده شود (۱۰ و ۱۱). این در حالی است که چنانچه پتاسیم به میزان کافی در دسترس گیاهان از جمله سیب‌زمینی قرار داشته باشد گیاه قادر خواهد بود بخش زیادی از نیترات موجود را به پروتئین تبدیل کرده، از تجمع آن در اندام‌ها جلوگیری نماید (۴)، موضوعی که از نقطه نظر بهداشت و سلامت محصولات کشاورزی دارای اهمیت زیادی می‌باشد.

همچنین، بر اساس شاخص مذکور، نیتروژن در ۸۰ درصد از مزارع دارای شاخص مثبت بود (جدول ۳). در دسترس بودن کودهای نیتروژنی از جمله اوره، ارزان بودن آن نسبت به سایر کودها و تاثیر آن در رشد رویشی، باعث گردیده کشاورزان هر ساله مقدار زیادی از این نوع کود را مصرف کرده، موضوعی که مشکلاتی در جذب سایر عناصر غذائی نیز بوجود می‌آورد (۴).

در بین عناصر کم‌مصرف نیز، عنصر روی در ۹۳ درصد مزارع دارای شاخص منفی و در ۵۷ درصد از مزارع بیشترین کمبود را دارا بود (جدول ۳). روی در ساخت هورمون‌های گیاهی، تشکیل پروتئین‌ها و فعال‌سازی آنزیم‌های گیاهی نقش داشته، می‌تواند علاوه بر افزایش عملکرد سیب‌زمینی، درصد نشاسته آن را نیز افزایش دهد (۱۳). کمبود روی در بسیاری از خاک‌ها و بالطبع محصولات تولیدی، به دلایلی از جمله بی‌کربناته بودن آب‌های آبیاری، pH زیاد خاک‌ها و آهکی بودن آنها، مصرف بی‌رویه کودهای فسفاتی و کمبود ماده آلی مشاهده می‌شود (۱).

بعد از عنصر روی، آهن نیز در ۳۵ درصد از مزارع، دارای منفی ترین میزان شاخص (بیشترین میزان کم‌بود) بود (جدول ۳). آهن در بسیاری از فعالیت‌های فیزیولوژیکی گیاه نقش داشته و کمبود آن در بسیاری از خاک‌های کشاورزی از جمله خاک‌های ایران گزارش شده است (۱۴ و ۲۲). غلظت بالای بیکربنات در آب‌های آبیاری، آهکی بودن خاک‌ها و انجام آبیاری سنگین، از جمله دلایل اصلی کمبود آهن در گیاهان زراعی از جمله سیب‌زمینی محسوب می‌شود (۲۰). برخی گزارش‌ها نشان داده که دو عنصر آهن و روی در گیاه سیب‌زمینی بر یکدیگر اثر هم‌افزائی[1] داشته به طوری که جذب و تجمع آهن در غده سیب‌زمینی، جذب روی را نیز در این گیاه افزایش می‌دهد (۷).

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد ضریب تغییرات عناصر ریزمغذی در مقایسه با عناصر پرمصرف زیادتر بوده، به عبارتی کودهای حاوی عناصر پرمصرف در مقایسه با عناصر کم‌مصرف به صورت همگن‌تر در مزارع استفاده شده‌اند. بر اساس شاخص DOP، تمامی مزارع مورد بررسی در این پژوهش، از نظر غلظت عناصر مورد بررسی دچار کم‌بود یا بیش‌بود بوده و عدم تعادل تغذیه‌ای در تمامی آنها وجود داشت. ۳۶ درصد از مزارع مورد بررسی، دارای کم‌بود پتاسیم و در مقابل، ۸۰ درصد از این مزارع دارای زیادبود نیتروژن بودند. در بین عناصر کم‌مصرف، روی و در مرحله بعدی، آهن بیشترین میزان کم‌بود را دارا بودند. در مجموع، در مزارع سیب‌زمینی استان، پتاسیم و روی بایستی در اولویت کوددهی قرار گیرد.

1- Synergic effect

جدول ۳- مقادیر غلظت، DOP و NOPR در مزارع با عملکرد کم

Table 3- Concentration, DOP and the nutrients order of plant requirement in low-yielding farms

شماره مزرعه Field number		نیتروژن N	فسفر P	پتاسیم K	آهن Fe	منگنز Mn	روی Zn	مس Cu
18	غلظت (٪) Concentration (%)	4.87	0.29	4.24	242	144	24	15
	DOP	4.73	-10.42	-0.98	27.28	16.25	-31.79	20.60
	ترتیب نیاز عناصر غذائی NOPR	Zn > P > K						
19	غلظت (٪) Concentration (%)	5.2	0.39	5.07	498	158	31	23
	DOP	11.83	20.46	18.41	161.93	27.55	-11.90	84.92
	ترتیب نیاز عناصر غذائی NOPR	Zn						
20	غلظت (٪) Concentration (%)	5.7	0.46	4.31	175	123	37	13
	DOP	22.58	42.08	0.66	-7.96	-0.71	5.15	4.52
	ترتیب نیاز عناصر غذائی NOPR	Fe > Mn						
11	غلظت (٪) Concentration (%)	5.62	0.48	4.69	327	88	25	7
	DOP	20.86	48.26	9.53	71.99	-28.96	-28.95	-43.72
	ترتیب نیاز عناصر غذائی NOPR	Cu > Mn > Zn						
22	غلظت (٪) Concentration (%)	3.88	0.30	4.24	118	121	32	13
	DOP	-16.56	-7.34	-0.98	-37.94	-2.32	-9.06	4.52
	ترتیب نیاز عناصر غذائی NOPR	Fe > N > Zn >P > Mn > K						
12	غلظت (٪) Concentration (%)	5.59	0.67	3.94	358	133	31	24
	DOP	20.22	106.95	-7.98	88.30	7.37	-11.90	92.96
	ترتیب نیاز عناصر غذائی NOPR	Zn > K						
13	غلظت (٪) Concentration (%)	4.31	0.27	4.88	125	199	29	21
	DOP	-7.31	-16.60	13.97	-34.25	60.65	-17.58	68.84
	ترتیب نیاز عناصر غذائی NOPR	Fe > Zn > P > N						
15	غلظت (٪) Concentration (%)	5.49	0.44	4.13	464	112	28	16
	DOP	18.06	35.91	-3.55	144.05	-9.59	-20.43	28.64
	ترتیب نیاز عناصر غذائی NOPR	Zn > Mn > K						
23	غلظت (٪) Concentration (%)	4.79	0.39	4.69	465	160	24	15
	DOP	3.01	20.46	9.53	144.58	29.16	-31.79	20.60
	ترتیب نیاز عناصر غذائی NOPR	Zn						
25	غلظت (٪) Concentration (%)	5.59	0.38	4.35	140	228	29	16
	DOP	20.22	17.37	1.59	-26.36	84.06	-17.58	28.64
	ترتیب نیاز عناصر غذائی NOPR	Fe > Zn						
8	غلظت (٪) Concentration (%)	5.12	0.34	3.04	149	131	28	15
	DOP	10.11	5.02	-29.00	-21.63	5.75	-20.43	20.60
	ترتیب نیاز عناصر غذائی NOPR	K > Fe > Zn						
9	غلظت (٪) Concentration (%)	4.41	0.27	5.84	235	112	23	9
	DOP	-5.16	-16.60	36.39	23.60	-9.59	-34.64	-27.64

	ترتیب نیاز عناصر غذائی NOPR	Zn > Cu > P > Mn > N						
24	غلظت (٪) Concentration (%)	4.91	0.31	5.26	515	115	32	16
	DOP	5.59	-4.25	22.84	170.87	-7.16	-9.06	28.64
	ترتیب نیاز عناصر غذائی NOPR	Zn > Mn > P						
26	غلظت (٪) Concentration (%)	5.58	0.49	4.45	128	116	14	7
	DOP	20.00	51.35	3.93	-32.68	-6.36	-60.21	-43.72
	ترتیب نیاز عناصر غذائی NOPR	Zn > Cu > Fe > Mn						

منابع

1- Boostani H.R., Najafi-Ghiri M., Amin H., and Mirsoleimani A. 2019. Zinc desorption kinetics from some calcareous soils of orange (*Citrus sinensis* L.) orchards, southern Iran. Soil Science and Plant Nutrition, 65: 20-27.

2- Emami A. 1996. Methods of plant analysis, 982: 80-93. (In Persian with English abstract)

3- Fernández-Martínez M., Vicca S., Janssens I.A., Espelta J.M., and Peñuelas J. 2017. The role of nutrients, productivity and climate in determining tree fruit production in European forests. New Phytologist 213: 669-679.

4- Feyzizadeh M., and Samadi A. 2016. Comparing of deviation from optimum percentage (DOP) method and diagnostic recommendation integrated system (DRIS) for nutritional balances of onion (*Allium cepa* L.). Water and soil science, 25(2): 271-286. (In Persian with English abstract)

5- Goodarzi F. 2019. Increase storage and improve the quality characteristics of potatoes by managing the use of nitrogen fertilizers. Applied Science of Potatoes 1: 33-39. (In Persian with English abstract)

6- Ghoreyshi S.J., Sepehr E., and Samadi A. 2017. Evaluation nutritional status of watermelon (*Citrullus vulgaris*) by deviation from optimum percentage (DOP) method in Poldasht, west Azerbaijan. Applied Soil Research 5(2): 40-51. (In Persian with English abstract)

7- Hadi M., Taheri R., and Balali G. 2015. Effects of iron and zinc fertilizers on the accumulation of Fe and Zn ions in potato tubers. Journal of Plant Nutrition 38: 202-211.

8- Hassanpanah D., Akhavan K., and Moosapour Gorji A. 2018. Appropriate cultivation arrangement in drip irrigation in order to increase yield and consumption efficiency of water in potato fields, Applied Science of Potatoes 2: 17-22. (In Persian with English abstract)

9- Iwama K. 2008. Physiology of the potato: new insights into root system and repercussions for crop management. Potato Research 51: 333–353.

10- Jalali A.H. 2014. Management of potassium application for potato cultivation in saline soil and water conditions. Journal of Land Management 2(1): 1-16. (In Persian with English abstract)

11- Madani H., Hoseinkhani R., and Sajedi N.A. 2010. Study of the effect of different levels of potassium sulfate and zeolite on yield and yield components of potatoes in Arak region. New Finding in Agriculture 4(1): 37-48. (In Persian with English abstract)

12- Malakouti M.J., Shahabi A.A., and Bazargan K. 2017. Potassium in agriculture. Moballeghan publicaton, Tehran, Iran.

13- Miyu M., Sarma P., Warade S., Hazarika B., Debnath P., Ramjan M., and Ansari M.T. 2019. Effect of foliar application of micronutrients on potato (*Solanum tuberosum* L.) cv.“Kufri Joyti” for growth, yield & quality attributes. International Journal of Chemical Studies 7: 4813-4817.

14- Motalebifard R. 2018. Potato nutrition management. Publication of agricultural education, Karj, Iran.

15- Motalebifard R., Tehrani M.M., and Basirat M. 2020. Investigation of soil fertility status in potato cultivation lands and improvement strategies in East Azarbaijan province. Applied Science of Potatoes 1: 25-31. (In Persian with English abstract)

16- Mourão Filho F.D. 2004. DRIS: Concepts and applications on nutritional diagnosis in fruit crops. Scientia Agricola, 61: 550-560.

17- Mugo J.N., Karanja N.N., Gachene C.K., Dittert K., Nyawade S.O., and Schulte-Geldermann E. 2020. Assessment of soil fertility and potato crop nutrient status in central and eastern high lands of Kenya. Scientific Reports 10: 1-11.

18- Reuter D.J., and Robinson J.B. 1997. Plant analysis: an interpretation manual. CSIRO Publication, Collingwood, Australia.

19- Sandaña P., Orena S., Rojas J.S., Kalazich J., and Uribe M. 2020. Critical value of soil potassium for potato crops in volcanic soils. Journal of Soil Science and Plant Nutrition 2: 1-7.

20- Shahsavandi F., Eshghi S., Gharaghani A., Ghasemi-Fasaei R., and Jafarinia M. 2020. Effects of bicarbonate

induced iron chlorosis on photosynthesis apparatus in grapevine. Scientia Horticulturae 270: 1-8.
21- Tadayonnejad M., Dehghani M., Yahyaabadi M., and Parsadoost F. 2009. Investigation of nutritional status of greenhouse cucumber by the method of deviation from optimum percentage in greenhouses of Falavarjan city. p. 88–89. In Proceedings of the First National Congress of Hydroponics and Greenhouse Products, 25 Jun. 2009. Soilless Cultivation Research Center, Esfahan, Iran.
22- Tehrani M.M., Balali M.R., Moshiri F., and Daryashenas A.M. 2012. Fertilizer recommendation and estimation in Iran, challenges and solution. Soil Research (Soil and Water Sciences) 26(2): 123-144. (In Persian with English abstract)
23- Zaremehrjardi M., Okhovatian Ardakani A.R., and Dehghani F. 2019. Introduction of DOP index and its use for interpretation of results of leaf decomposition of greenhouse cucumber. Greenhouse Vegetable Magazine 2(1): 9-21. (In Persian with English abstract)

Journal of Water and Soil
Vol. 34, No. 6, Jan.-Feb. 2021, p. 1301-1307

نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۴، شماره ۶، بهمن – اسفند ۱۳۹۹، ص. ۱۳۰۷-۱۳۰۱

Investigation of Nutritional Status of Potato (*Solanum tuberosum* L.) in Khorasan Razavi Province by "Deviation from Optimum Percentage" (DOP) Method

M. Dadivar[1]*- B. Atarodi[2]
Received: 15-09-2020
Accepted: 14-12-2020

Introduction: Because leaf is the main and most important organ of plant metabolism, therefore, its analysis and interpretation of the results using standard methods, can help to provide an optimal fertilizer program. There are different methods for interpreting the results of decomposition of plant leaves, including critical concentration values and sufficiency ranges .The main drawback of these methods is that only the concentrations of each nutrients are considered and the balance of these nutrients is not considered. The DOP is one of the most up-to-date methods for interpreting the results of leaf decomposition. In this method, the relationship between the concentration of the nutrient and the reference concentration is used instead of the mere concentration of nutrients. Due to insufficient information about the optimal level of nutrients and nutritional status of potato in Khorasan Razavi province, the present study was conducted by using the DOP index to assess the balance of nutrients and to determine the order of nutrient requirement for this plant.

Materials and Methods: In order to have a database, 30 potato fields were selected from the major cultivation areas of this crop in Fariman, Torbat-e Heydarieh, and Quchan counties. Among these fields - based on questionnaires completed by farmers - those with good management and high yield (above average) were selected to determine the reference concentration. Accordingly, out of 30 surveyed fields, 16 fields were selected as reference fields and 14 fields as non-reference fields. In each field, before flowering and at the beginning of tuber formation, a composite sample of leaves (from fully developed leaves) was prepared, transferred to the laboratory, rinsed with distilled water and 20 mM EDTA solution, oven dried at 50 °C, ground, digested and analyzed for determining the macro and micro nutrients concentrations by atomic absorption spectrometry (AAS) - (Perkin Elmer, 2380). According to leaf analysis results, some statistical indices, including the maximum, minimum, mean, standard deviation, and coefficient of variation of data in both groups of reference and non-reference fields, were calculated. Furthermore, the reference concentration (C_{ref}) and DOP indices were calculated to evaluate nutritional status of potato and priority nutrients requirement in low-yielding fields.

Results and Discussion: The results of this study showed that the coefficient of variation of micronutrients was higher than that of macronutrients, stating that fertilizers containing macronutrients have been used more homogeneously by farmers, compared to those containing micronutrients. Using nutrients concentration in high yielding fields, C_{ref} was obtained for N, P and K nutrients 4.65, 0.32 and 4.28 percent respectively. In addition, Fe, Mn, Zn and Cu C_{ref} values were 190.13, 123.88, 35.19 and 12.44 mg/kg respectively. The results also showed that absolute value of DOP index for all nutrients was greater than zero, indicating imbalance of absorbed nutrients by potato. Due to the fact that the concentration of nutrients in the leaves is a function of the amount of nutrients in the soil, so these data indicate the lack of proper management and imbalance fertilizer application in the studied fields. Among macronutrients, potassium had negative indices in 36% of the studied fields while nitrogen had positive indices in 80% of the studied fields. In other words, most cultivated potatoes of Khorasan Razavi province suffer from K deficiency and excessive N. Due to consecutive cultivation, excessive use of nitrogen fertilizers such as urea and low consumption of potassium fertilizers, higher amount of potassium harvested from the soil as compared with that released from the soil, potassium deficiency is observed in many potato fields. Among micronutrients, zinc had highest negative indices in 57% of the studied fields.

1- Soil and Water Research Department, Khorasan Razavi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Mashhad, Iran
(*- Corresponding Author Email: dadivarm@yahoo.com)
2- Assistant Professor of Soil and Water Research Department, South Khorasan Agricultural and Natural Resources Research and Education Centre, AREEO, Birjand, Iran
DOI: 10.22067/jsw.2020.15032.0

After Zn, Fe had the most negative index (highest deficiency) in 35% of fields. Excessive consumption of phosphate fertilizers and lack of sufficient organic matter in soils are the main reasons of iron and zinc deficiency in soils and agricultural products in Razavi Khorasan province.

Conclusion: Overall, the results showed an imbalance of all absorbed nutrients by potato and imbalance application of fertilizer in the studied fields. Due to the severe deficiency of K and Zn, fertilization of these two nutrients should be a priority in nutrition management programs in the province's potato fields.

Keywords: Concentration, DOP, Fertilizer, Nutritional nutrients